

# Estudio de la intensificación de ciclones tropicales con el modelo GFS

Autores: Julio C. Marín, David J. Raymond and Graciela B. Raga

Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM  
Physics department, New Mexico Tech, USA

# Antecedentes

- Pronosticar la intensidad de los ciclones tropicales (CT) dista mucho todavía de lo ideal.
- El modelo GFS ha mostrado cierta habilidad en predecir los cambios de intensidad en los CTs.

# Objetivos

- Estudiar como el GFS reproduce el proceso de intensificación en los CTs.
- Analizar los mecanismos termodinámicos y dinámicos que contribuyen a que unos CTs alcancen la categoría de huracán y otros no.

# Modelo GFS

- Salidas de pronóstico cada 24h para el periodo Junio-Julio de 2005.
- Datos con una resolución horizontal de  $1^\circ \times 1^\circ$  y 37 niveles de presión desde 1000 hPa a 100 hPa.

## Casos de estudio

- Dos tormentas tropicales (TS) en el Pacífico Este y tres huracanes (Hu) en el Caribe y Atlántico.
- Se presentan los resultados del Hu Dennis (Caribe) y la TS Eugene (EPAC).

# Consideraciones teóricas

$$\frac{d\Gamma_a^*}{dt} = - \oint_{\delta A^*} \zeta_a u_{out} ds - \oint_{\delta A^*} \omega \frac{\partial \mathbf{V}}{\partial p} \cdot \mathbf{t} ds + \oint_{\delta A^*} \mathbf{F} \cdot \mathbf{t} ds$$

$$\Gamma_a^* = \oint_{\delta A^*} \mathbf{u}_{tan} ds + A^* f = \int_{A^*} \left( \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} \right) dA + A^* f \quad \text{Circulación absoluta}$$

F se calcula como un residual y mediante una fórmula Bulk asumiendo que es la fuerza de fricción por unidad de masa promediada en una capa  $d$  de la atmósfera debido a la acción de la fricción en superficie:

$$F = -C_D u u / d$$

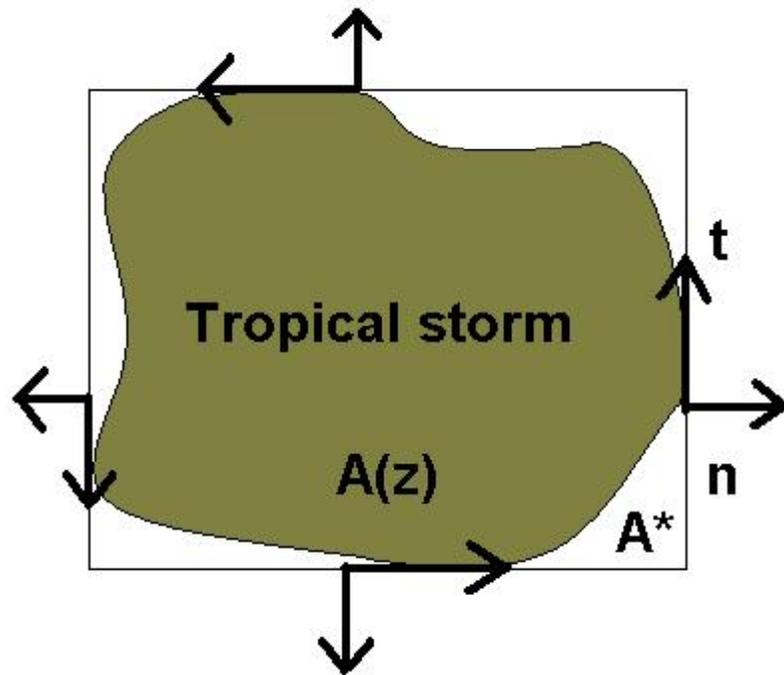
$C_D$ : Coeficiente de intercambio calculado ajustando gráficamente varias curvas y  $u$ : Viento en superficie

$$\Delta^* = \oint_{\delta A^*} \mathbf{u}_{out} ds = \int_{A^*} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) dA \quad \text{Flujo de masa horizontal}$$

$$M(z) = - \int_0^z \rho \Delta dz$$

Flujo vertical de masa

# Area donde se realizó el análisis



A: Area de la tormenta

A\*: Area de análisis

n: Vector normal a A\*

t: Vector tangencial a A\*

## Balance de entropía

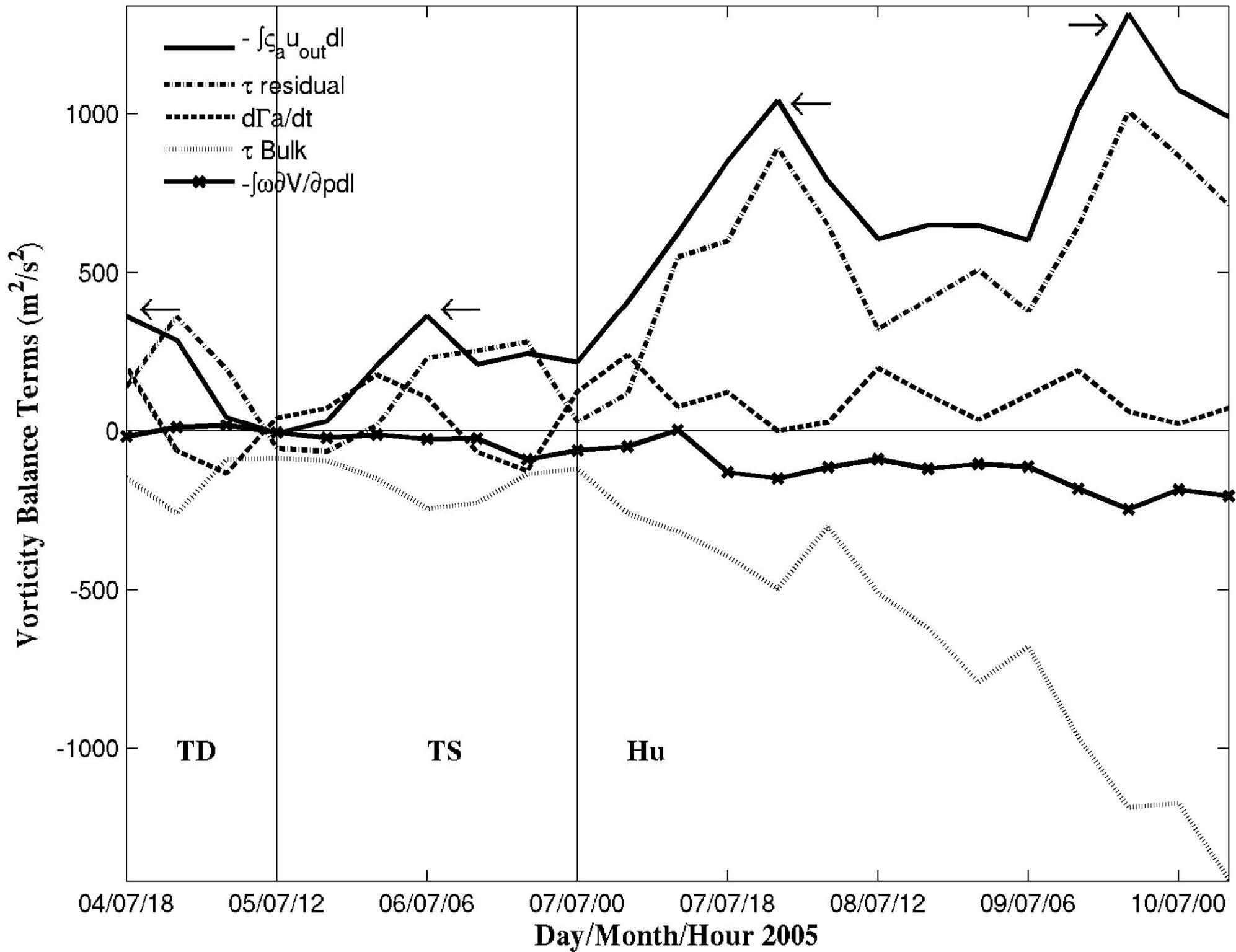
$$\left[ \frac{\partial \langle s \rangle}{\partial t} \right] + \left[ \langle w \rangle \frac{\partial \bar{s}}{\partial p} \right] + [V_s] = [\langle S \rangle]$$

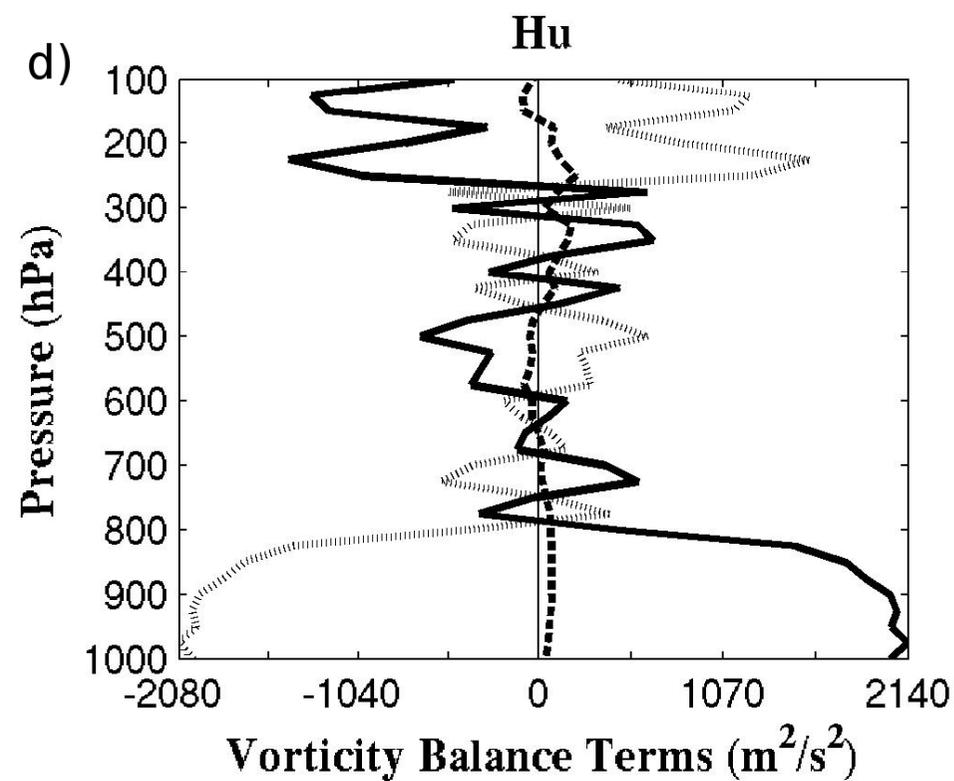
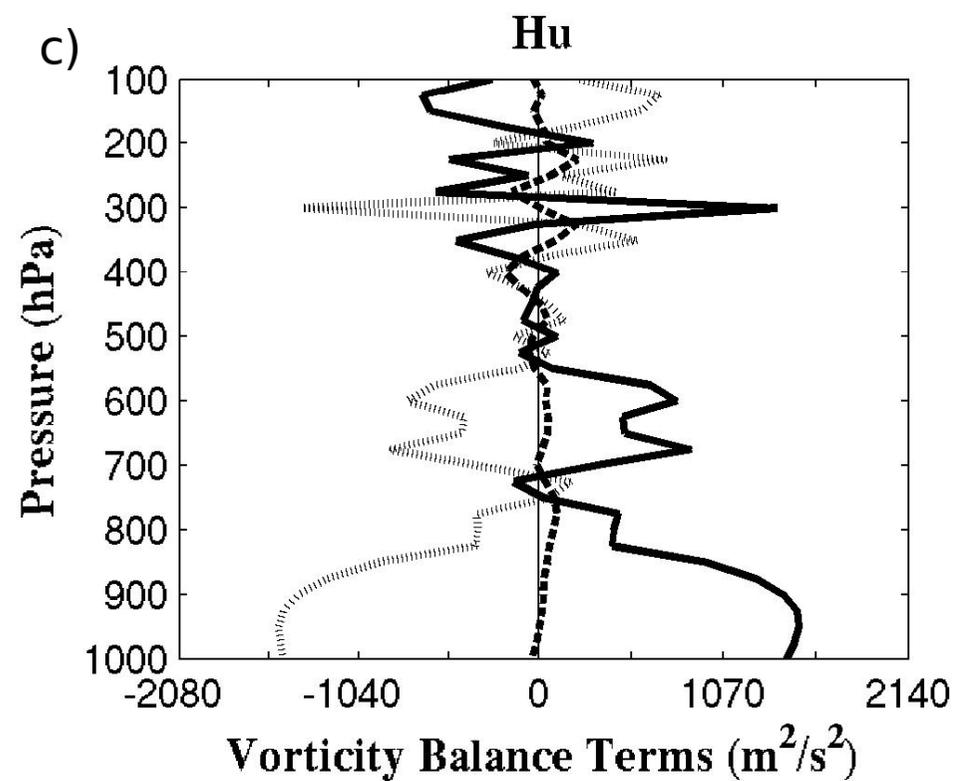
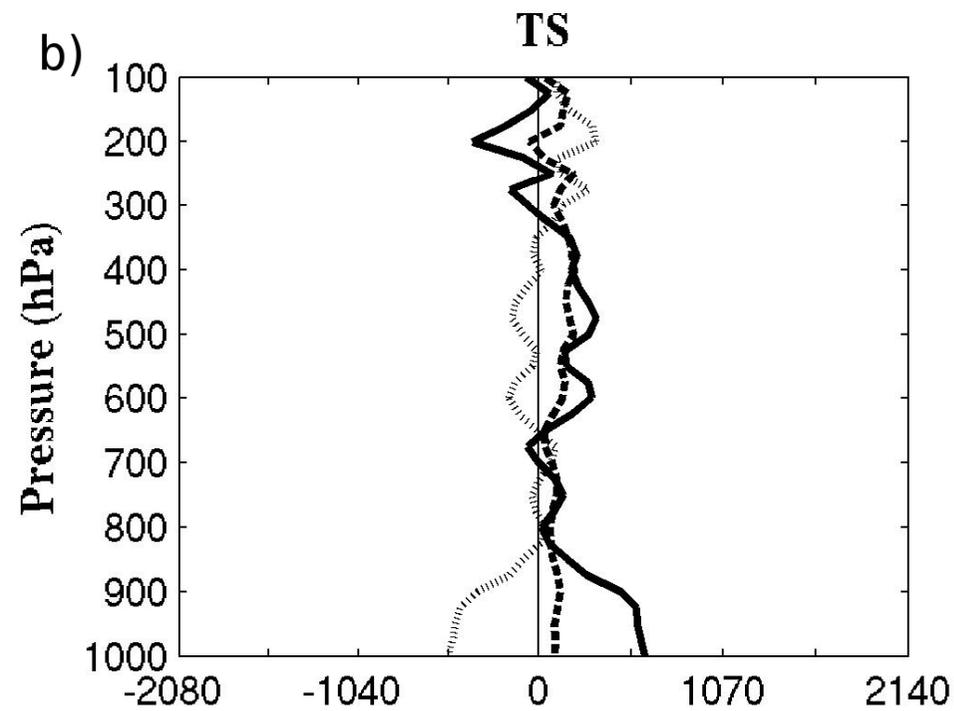
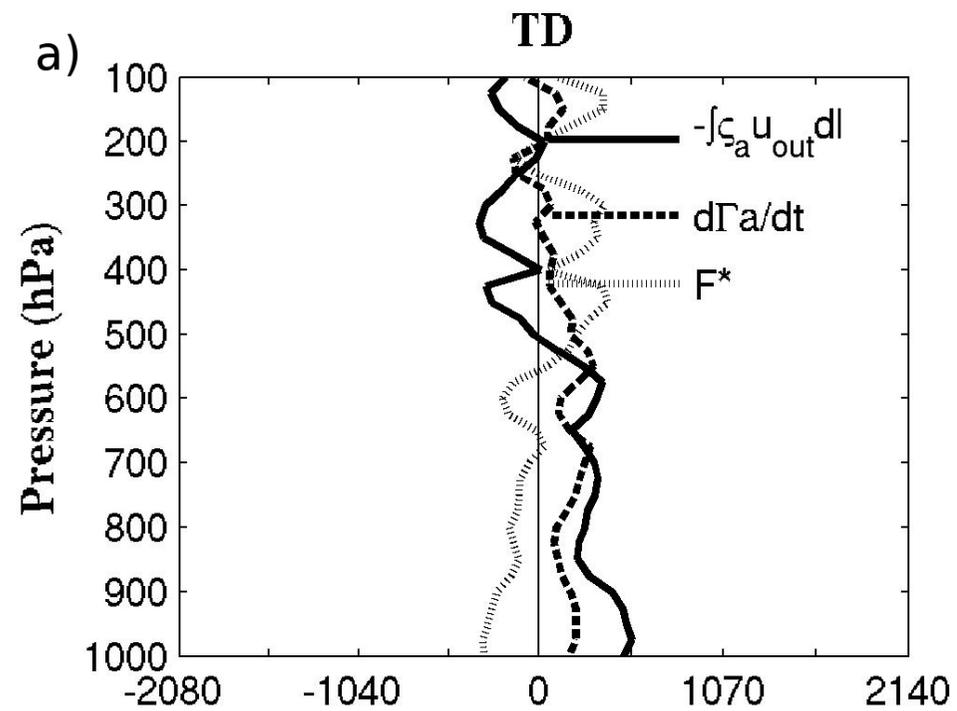
Ecuación de balance de la entropía

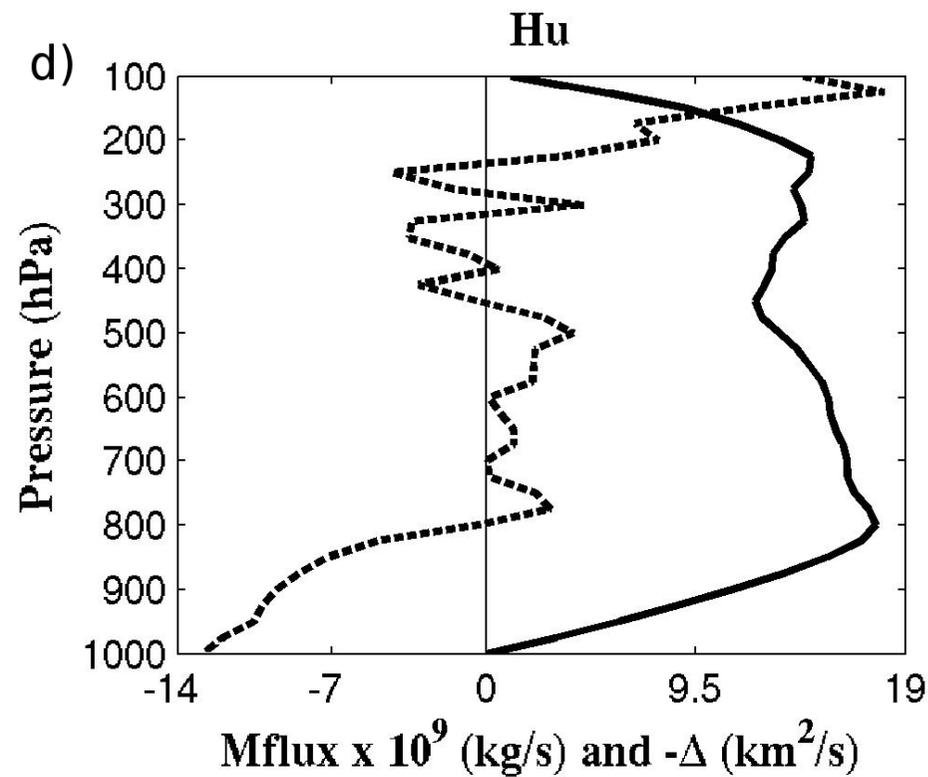
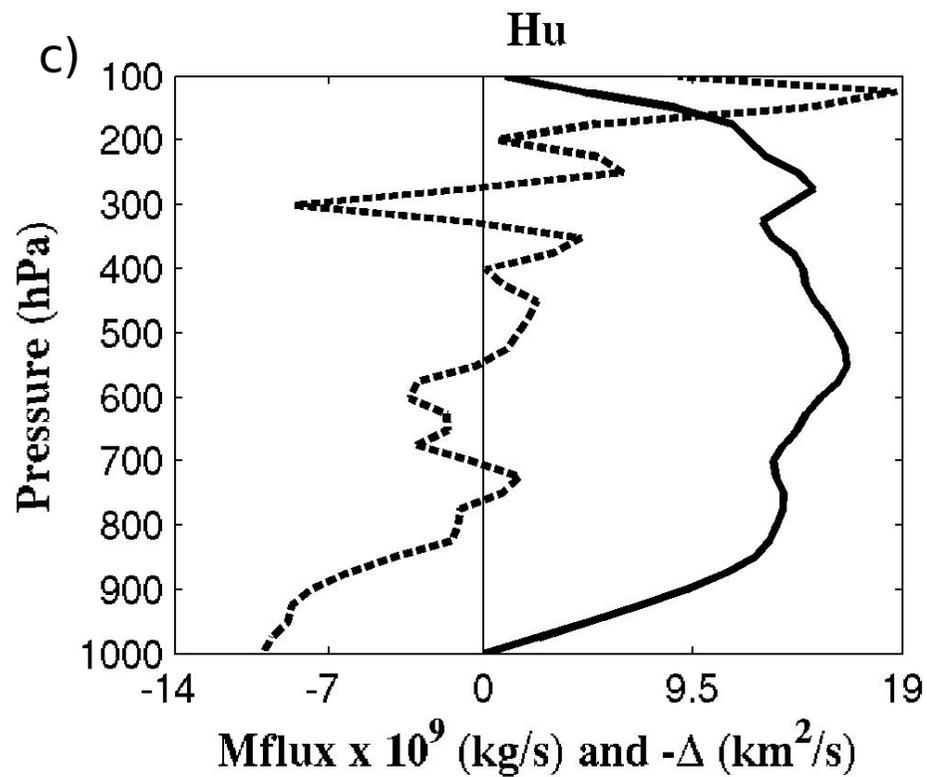
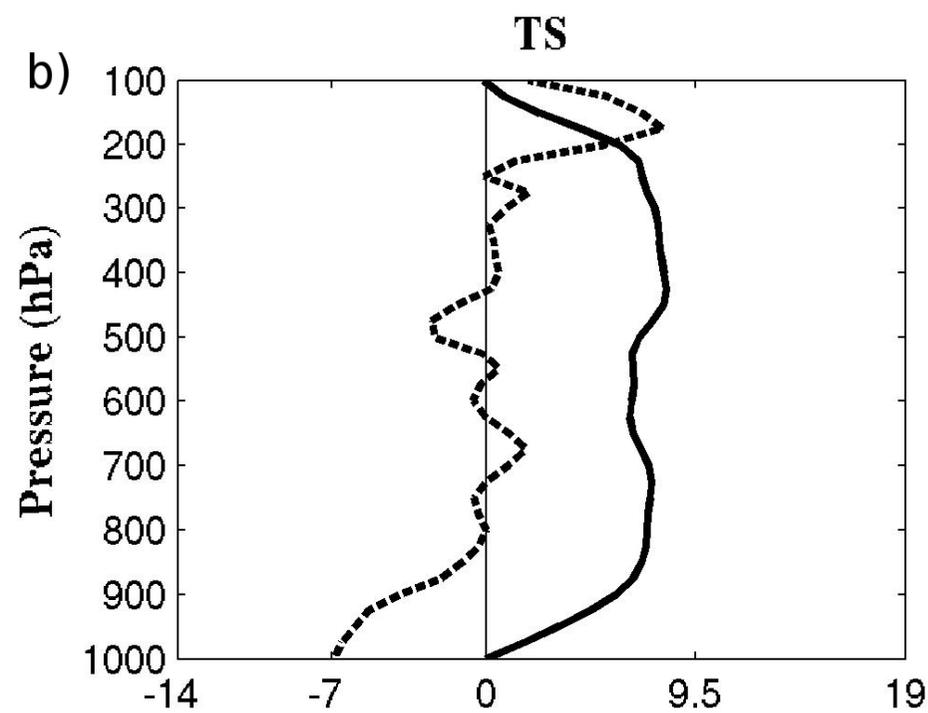
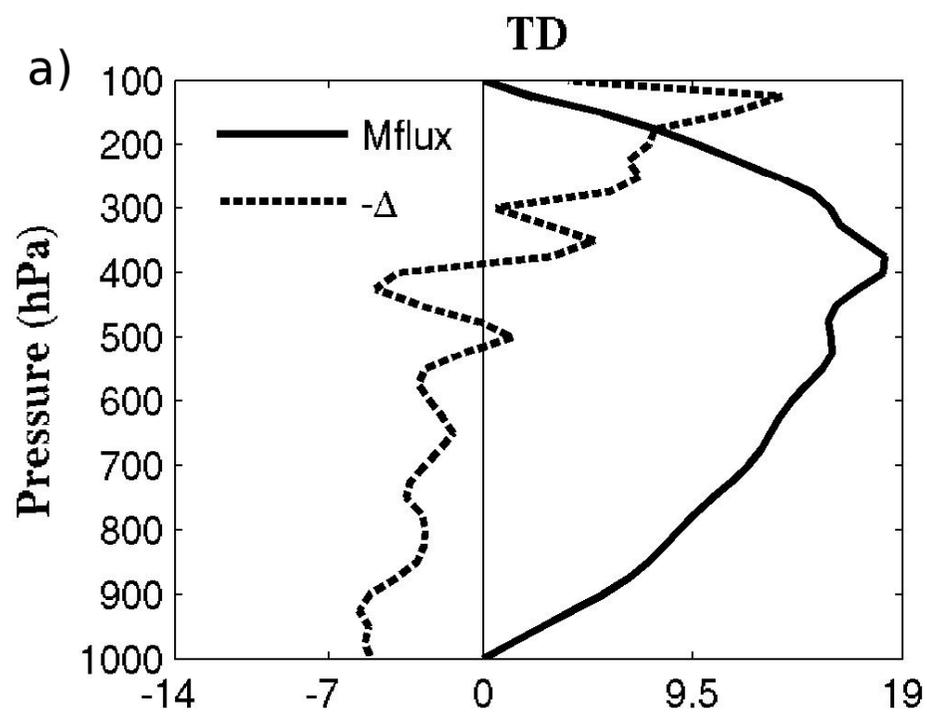
$$V_s = \frac{1}{A^*} \oint s' \mathbf{u} \cdot \mathbf{n} dl$$

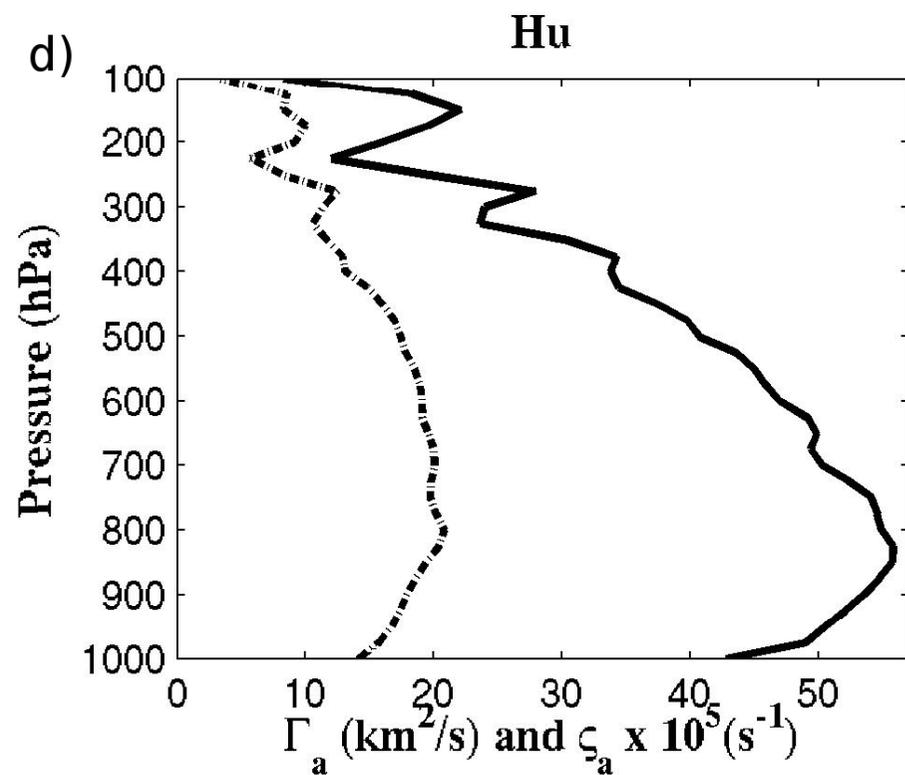
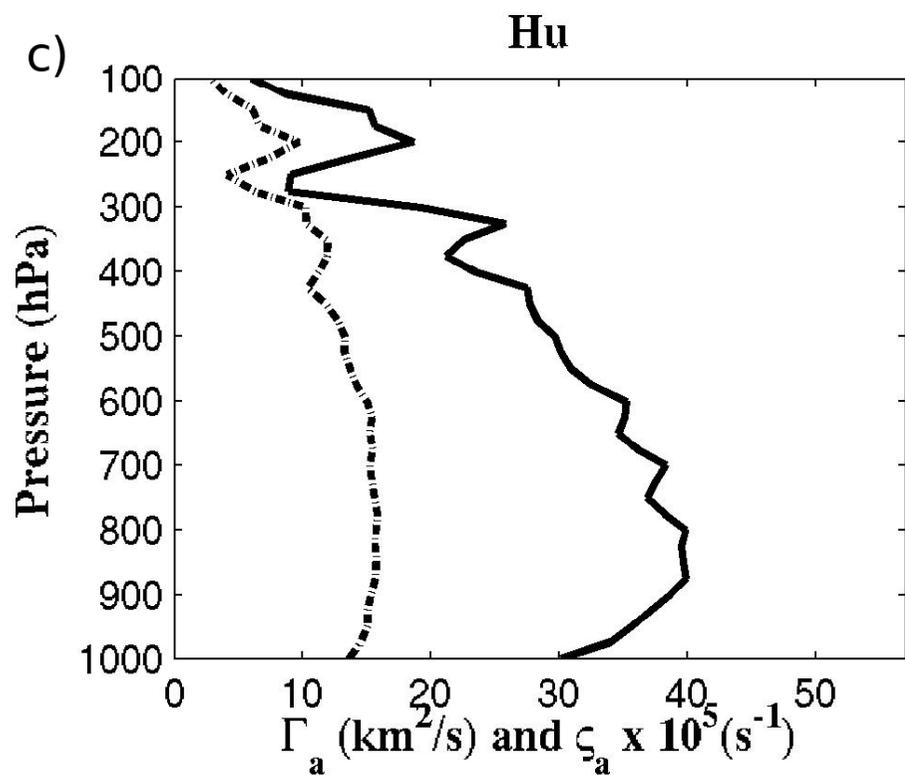
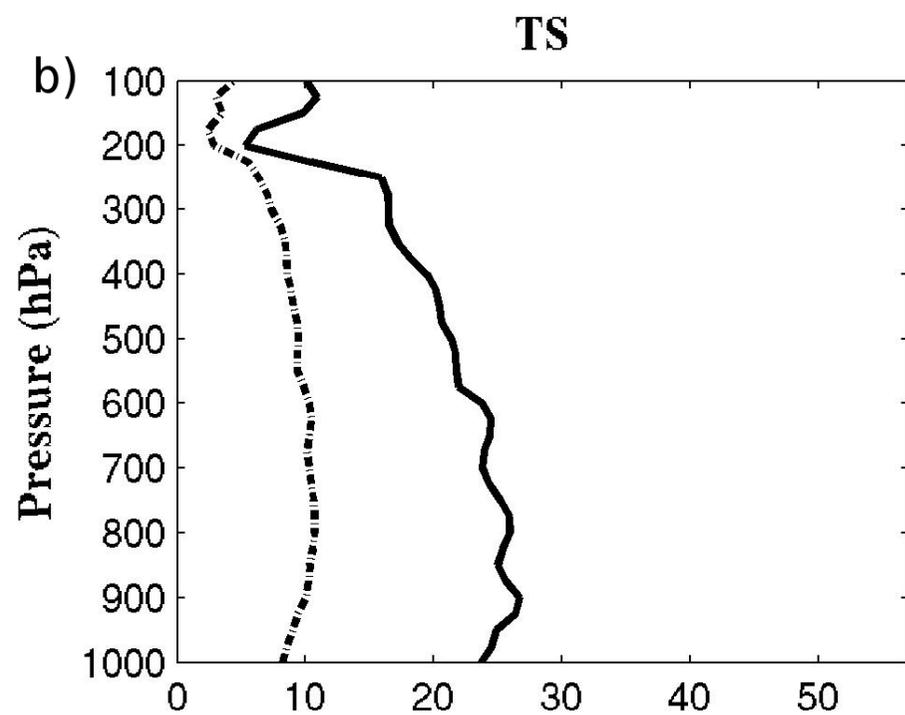
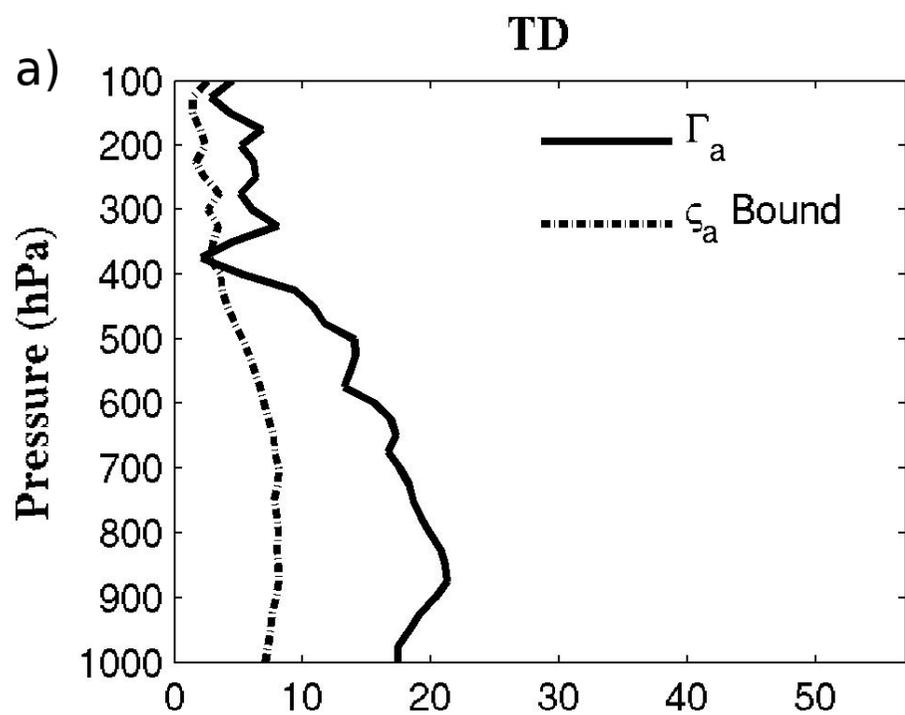
Ventilación: Contribuye negativamente al reemplazar valores de entropía por valores menores a través de la frontera

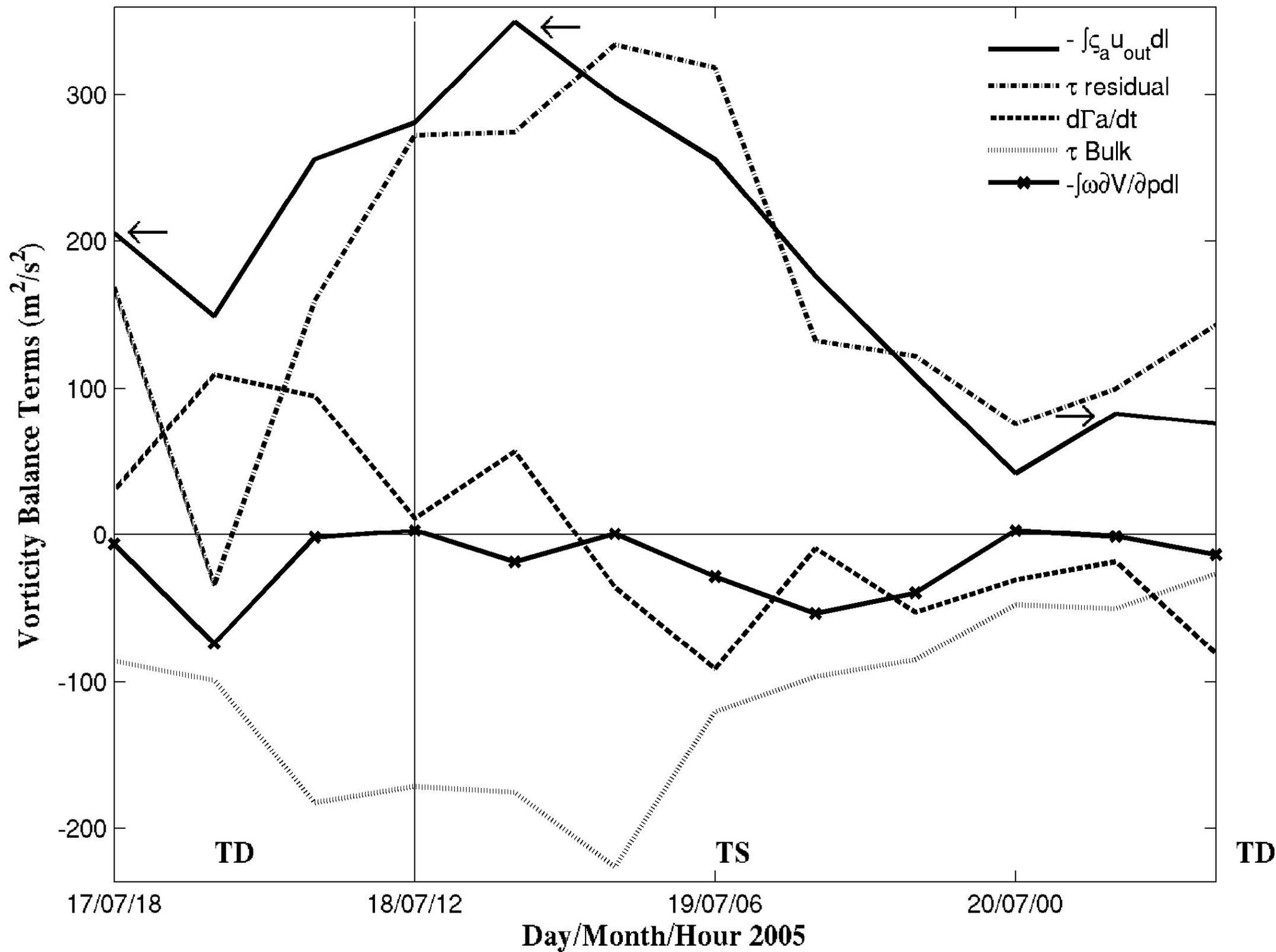
**S**: Representa las fuentes de entropía debido a los flujos en superficie, a la divergencia del flujo radiativo y a la generación irreversible de entropía.

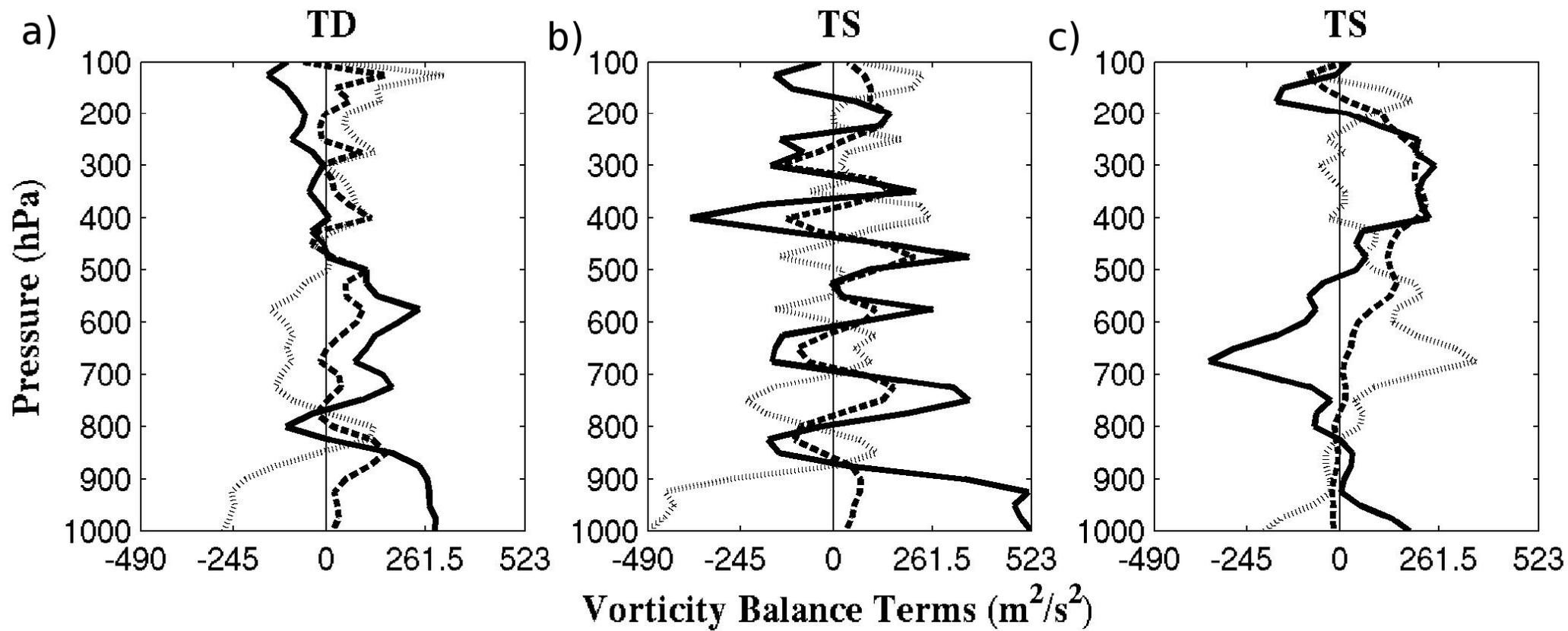


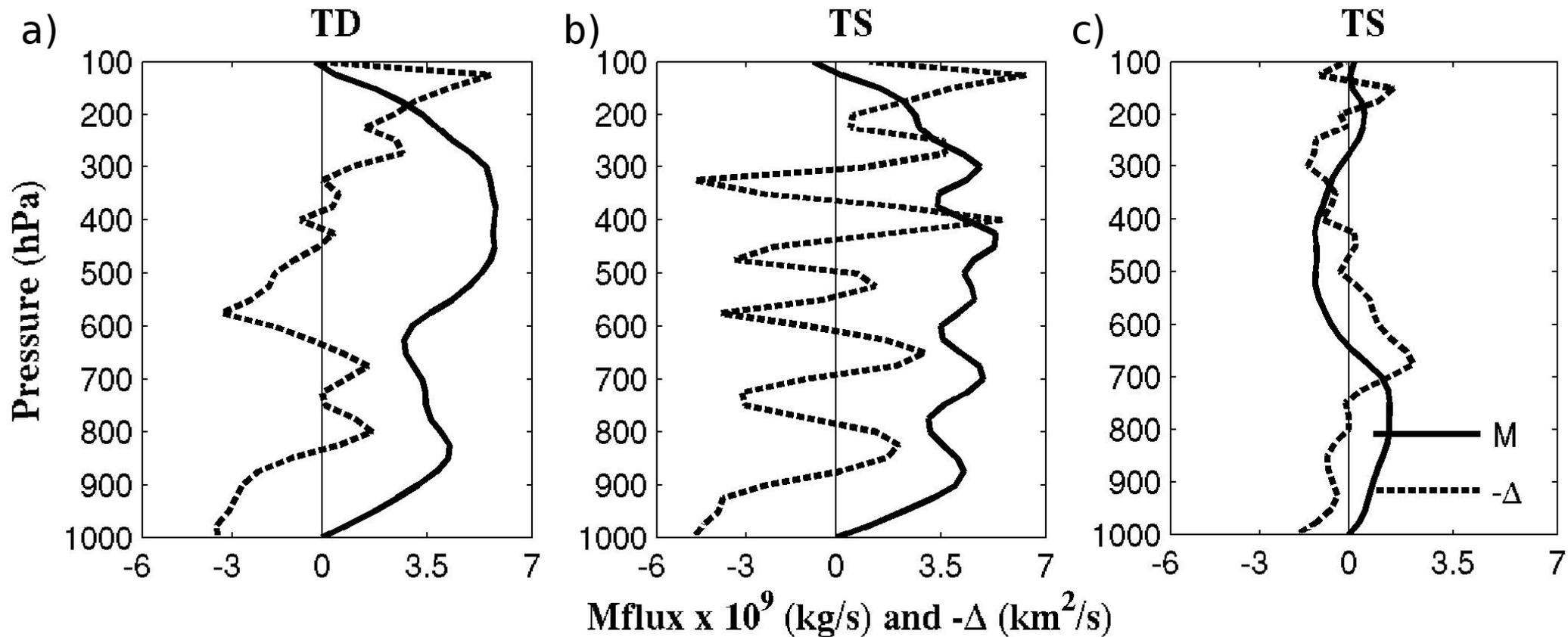


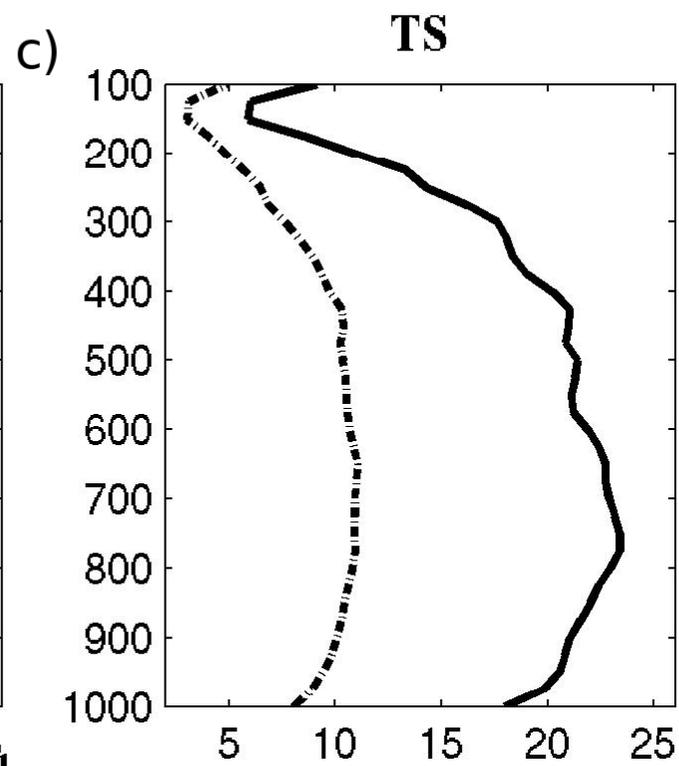
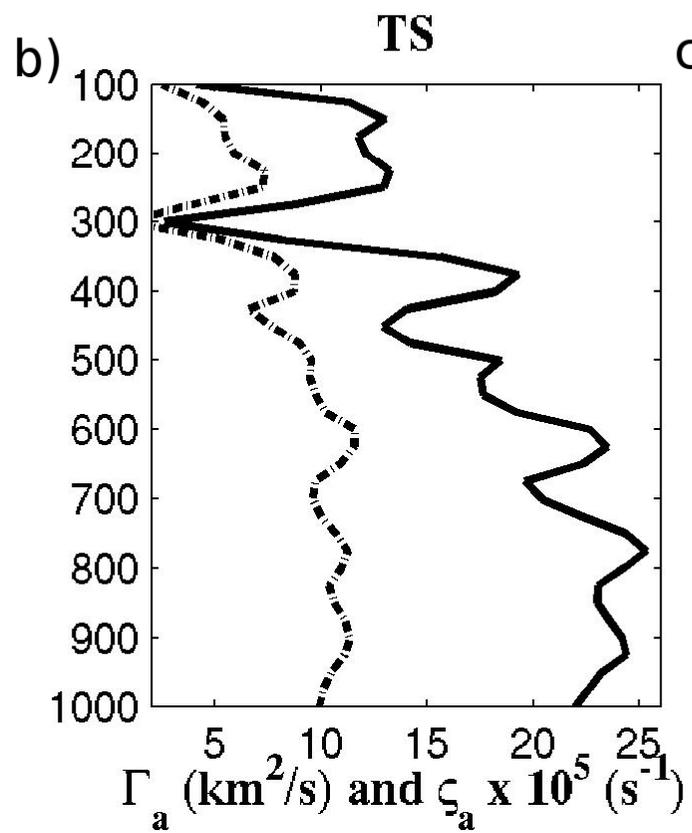
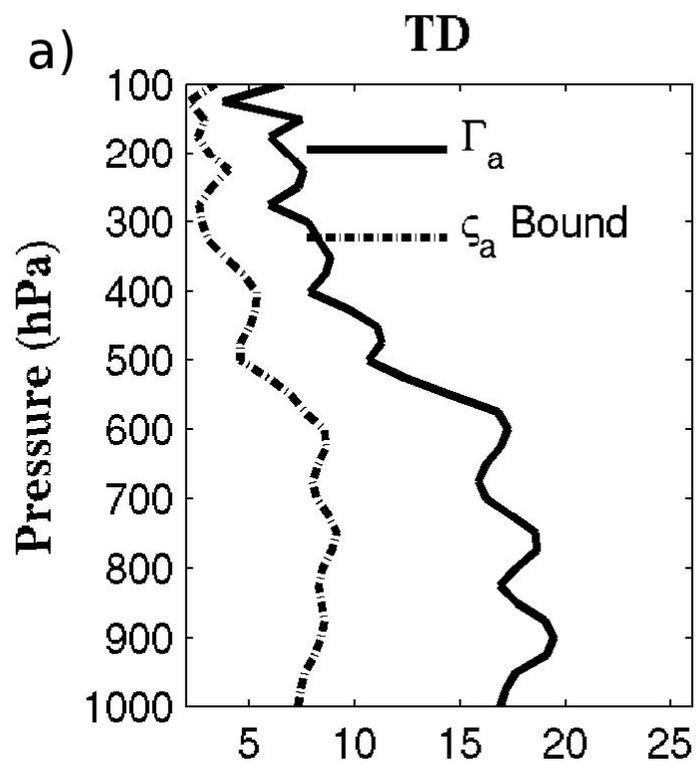


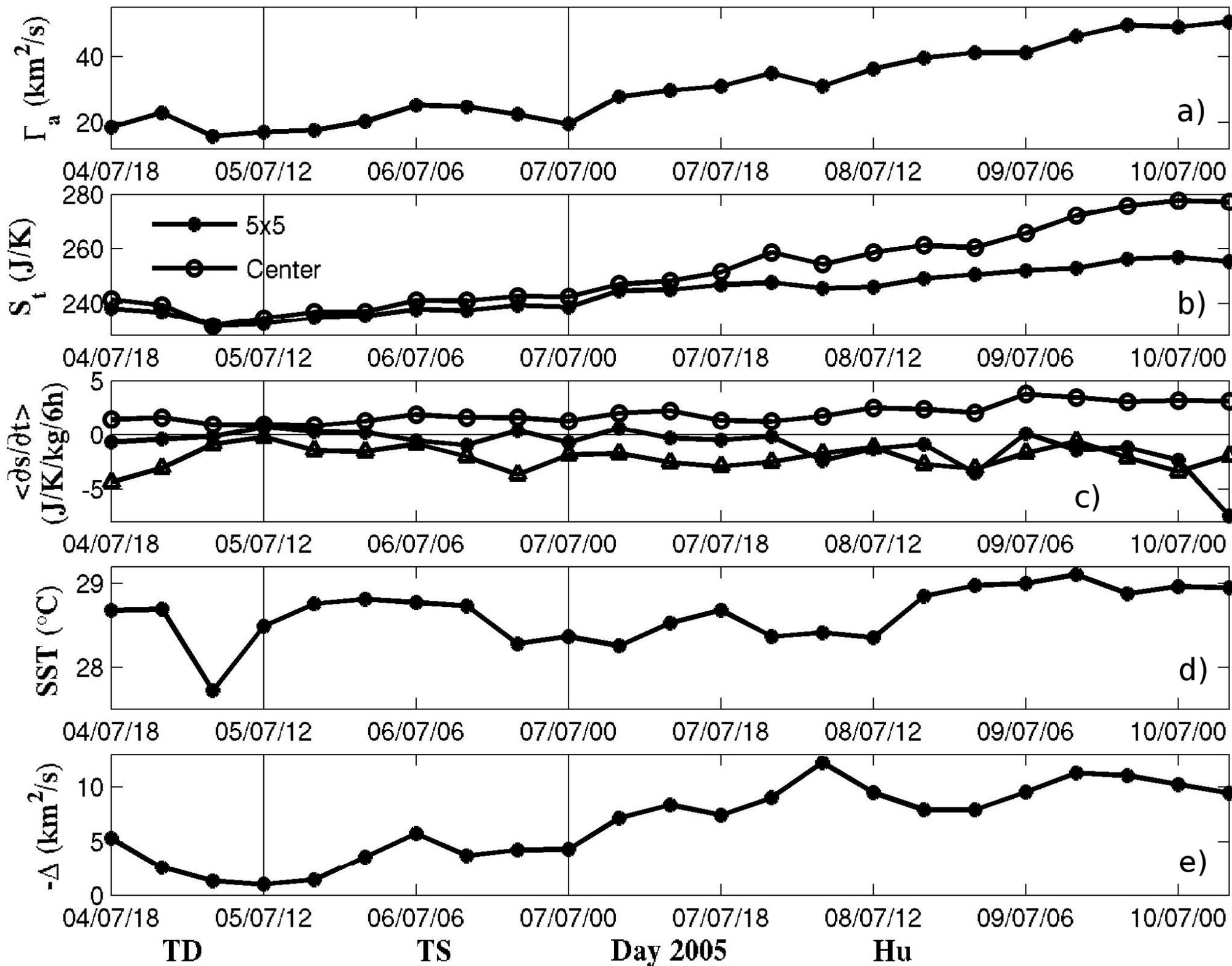


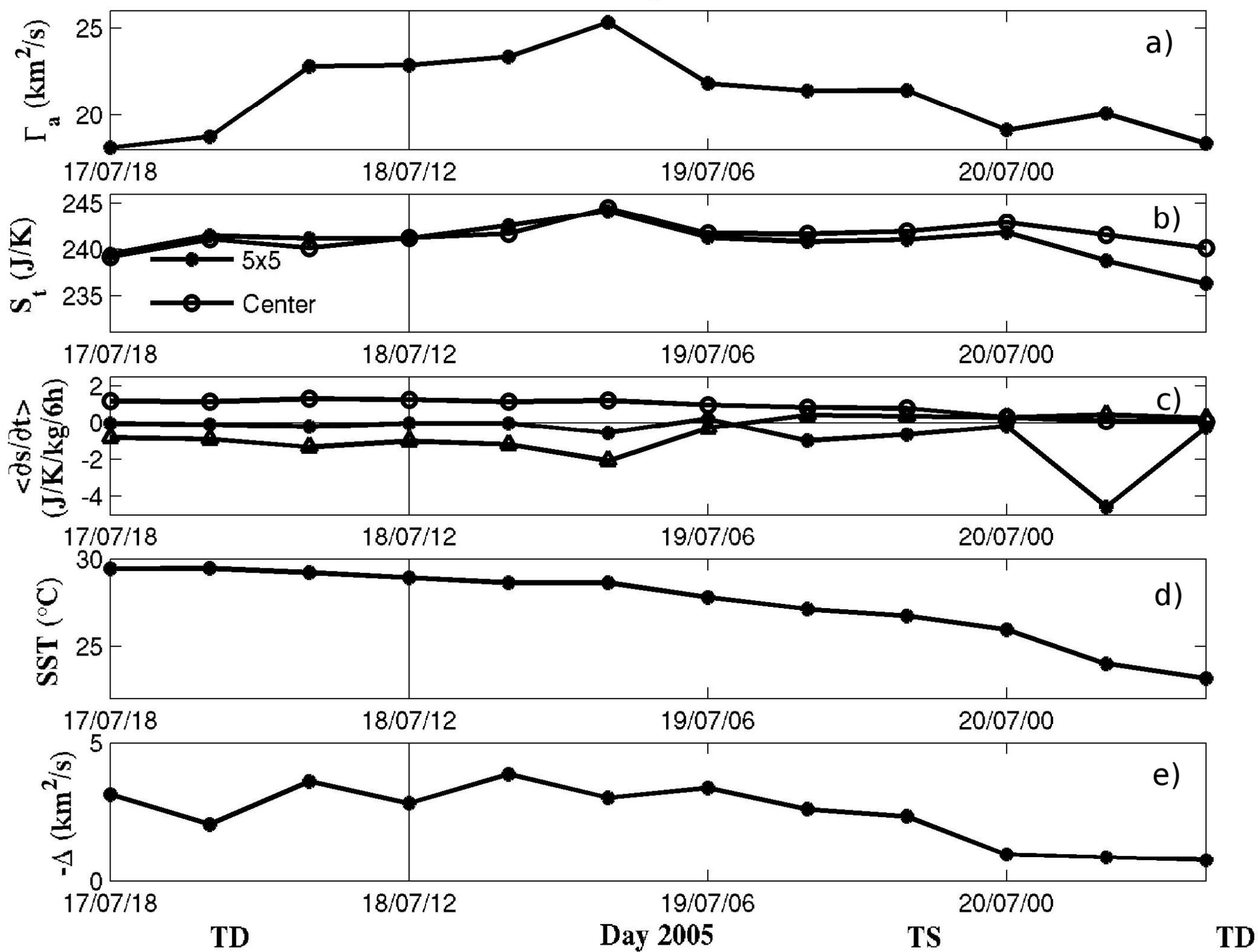












# Conclusiones

- El estudio muestra que el modelo GFS reproduce bastante bien los procesos de intensificación y decaimiento en los CTs.
- Se corrobora que los procesos de interacción aire-sup. mar, así como la interacción con el medio ambiente tienen una fuerte influencia en la intensificación o decaimiento de los Cts.
- El análisis dinámico arrojó que la intensificación o decaimiento de un CT en la capa límite, depende del balance entre tres términos, donde la convergencia de vorticidad contribuye a la intensificación y la cizalladura del viento y la fricción contribuyen al decaimiento.

- La influencia del término de la cizalladura es mayor durante los estados de desarrollo menos intensos.
- El proceso de intensificación está caracterizado por el incremento del flujo horizontal de masa en superficie y la concentración de su perfil vertical en una capa menos profunda.
- Esto provoca el aumento del flujo vertical de masa y que su máximo se localice a una altura más baja.
- El análisis termodinámico muestra que altas temperaturas de la superficie del mar, junto a fuertes flujos de entropía en superficie y un efecto pequeño de la ventilación de entropía favorece la intensificación de los CTs.

- Por otro lado, el enfriamiento de la superficie del mar, con la consecuente disminución de los flujos de entropía en superficie y una fuerte influencia de la ventilación de entropía dentro del sistema favorece el decaimiento de los CTs.